

PRESENTACIÓN ORAL

Evolución química en la Nube Mayor de Magallanes a partir de fotometría de Washington de cúmulos estelares

A.E. Piatti¹, D. Geisler², A. Sarajedini³, C. Gallart⁴

(1) *Instituto de Astronomía y Física del Espacio, Argentina*

(2) *Departamento de Astronomía, Universidad de Concepción, Chile*

(3) *Department of Astronomy, University of Florida, USA*

(4) *Instituto de Astrofísica de Canarias, España*

Abstract. From C, T_1 Washington photometry in the field of NGC 1697, SL 133, NGC 1997, SL 663, and OHSC 28, five mostly unstudied star clusters in the LMC, we estimate the cluster radii, ages and metallicities. With the exception of NGC 1697 (age = 0.7 Gyr, $[\text{Fe}/\text{H}] = 0.0$ dex), the remaining four clusters are of intermediate-age (from 2.2 to 3.0 Gyr) and relatively metal-poor ($[\text{Fe}/\text{H}] = -0.7$ dex). We combine our sample with 49 clusters with ages and metallicities on a similar scale and examine relationships between position in the LMC, age and metallicity. We confirm previous results that clusters younger than ~ 1 Gyr were formed during an outside-in process; this occurred after a burst of cluster formation that took place mainly in the outer disk and peaked at ~ 2 Gyr ago. Finally, the cluster and field AMRs show evidence for a metallicity offset but do overlap, particularly on the upper envelope side of the cluster AMR.

Resumen. A partir de fotometría C, T_1 en el sistema de Washington en el campo de NGC 1697, SL 133, NGC 1997, SL 663, y OHSC 28, cinco cúmulos mayormente no estudiados en la Nube Mayor de Magallanes, estimamos los radios, edades y metalicidades de los mismos. Con excepción de NGC 1697 ($t = 0.7 \times 10^9$ años, $[\text{Fe}/\text{H}] = 0.0$), los restantes cuatro cúmulos son de edad intermedia ($2.2\text{--}3.0 \times 10^9$ años) y relativamente pobres en metales ($[\text{Fe}/\text{H}] = -0.7$). Combinamos nuestra muestra de cúmulos con otros 49 con edades y metalicidades en la misma escala y examinamos las relaciones entre la posición, la edad y la metalicidad. Mostramos que los cúmulos más jóvenes que 10^9 años fueron formados de afuera hacia adentro en la galaxia; esto ocurrió luego de un *burst* de formación de cúmulos, principalmente en el disco exterior, que alcanzó su pico 2×10^9 años atrás. Finalmente, las relaciones edad-metalicidad de los cúmulos y de las estrellas del campo, muestran evidencias de una diferencia en metalicidad, aunque se superponen parcialmente.

1. Determinación de los parámetros fundamentales de los cúmulos

Para ilustrar nuestra fotometría, hemos incluido en la Fig. 1,a el diagrama color-magnitud (DCM) observado de NGC 1697. Los radios de los cúmulos los obtu-

vimos a partir de recuentos de estrellas por unidad de área, para diferentes distancias desde el centro de los cúmulos (Fig. 1,b). Luego estimamos un valor para la densidad del campo y adoptamos como radio de los cúmulos el valor de la distancia para la cual el perfil de densidad del cúmulo intercepta el valor del campo.

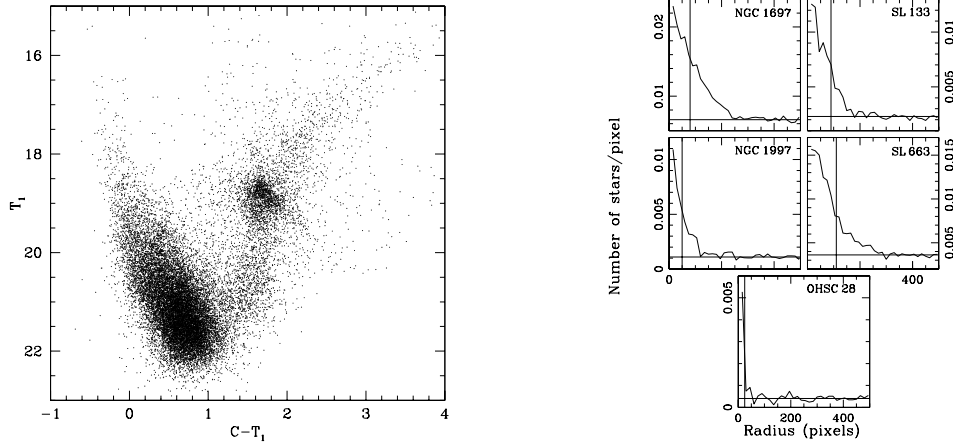


Figura 1. *a)* Diagrama $(C-T_1, T_1)$ para las estrellas medidas en el campo de NGC 1697. *b)* Perfiles de densidad estelar de los cúmulos. La línea horizontal corresponde al nivel del campo lejos del cúmulo, mientras que la línea vertical indica el radio a mitad de altura.

Para limpiar los DCM de los cúmulos de estrellas que potencialmente pertenecen al campo o tienen errores fotométricos grandes, sustrajimos de ellos el número correspondiente de estrellas contadas en los DCM del campo, para diferentes intervalos $[T_1, C-T_1] = (0.5, 0.2)$ mag. La Fig. 2,a ilustra este proceso: arriba, a la derecha, se muestra el DCM observado de la región central de SL 663, representado en el panel superior a la izquierda. El DCM del campo lejos de SL 663 se muestra abajo a la izquierda, mientras que abajo a la derecha incluimos el DCM limpio del cúmulo. Los parámetros de los cúmulos los derivamos utilizando estos DCM.

Los valores de los enrojecimientos de los cúmulos fueron estimados por interpolación en los mapas de extinción de Burstein & Heiles (1982), y adoptamos para todos los cúmulos un módulo de distancia de $(m-M)_o = (18.50 \pm 0.10)$ mag. Con estos dos parámetros, desplazamos apropiadamente las isócronas teóricas y adoptamos como edad de los cúmulos, la correspondiente a la isócrona que mejor reproduce las principales características de los DCM. La Fig. 2,b ilustra el resultado de estos ajustes. Para cúmulos más viejos que 1×10^9 años también estimamos sus edades a partir del índice $\delta(T_1)$ (Geisler et al., 1997). El acuerdo con las edades obtenidas a partir de los ajustes con isócronas teóricas resultó muy bueno. Finalmente, estimamos las metalicidades de los cúmulos utilizando el método de Geisler & Sarajedini (1999) y corregimos por efecto de edad los valores obtenidos de acuerdo a las prescripciones de Geisler et al. (2003). Las abundancias finalmente obtenidas están en excelente acuerdo con las asociadas a las isócronas que mejor se asemejan a los DCM de los cúmulos.

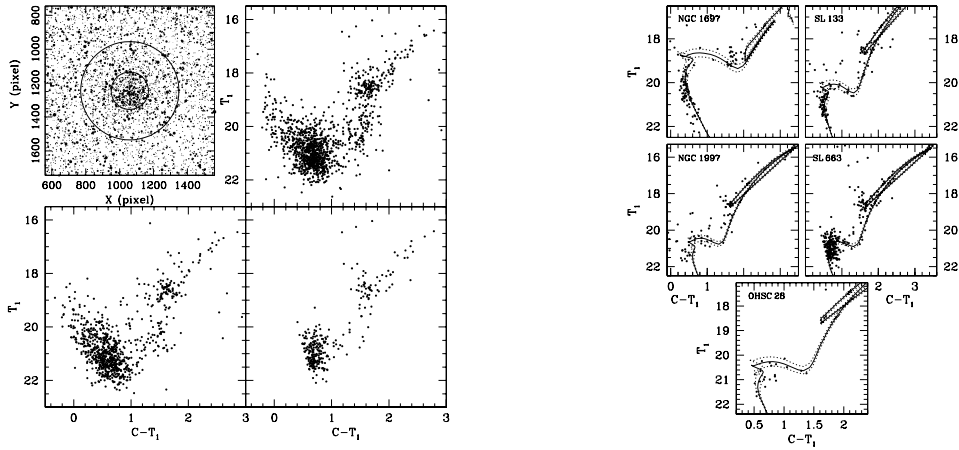


Figura 2. *a)* Región central de SL 663 (izquierda arriba), con tres DCM (ver detalle en el texto). *b)* DCM ($C - T_1$, T_1) de los cúmulos estudiados con las isócronas de Girardi et al. (2002) superpuestas. Las líneas continuas corresponden a la edad del cúmulo y las de puntos tienen en cuenta los errores asociados a las edades derivadas.

2. Análisis de la evolución química en la Nube Mayor de Magallanes

Para investigar la evolución química en la Nube Mayor de Magallanes (NMM), sumamos nuestra lista de cúmulos a otros 49 con edades y metalicidades derivadas en las mismas escalas del presente trabajo. El panel inferior de la Fig. 3,a revela que los cúmulos más ricos en metales se ubican preferentemente en el disco interior. Por el contrario, cúmulos con $[\text{Fe}/\text{H}] < -0.5$ se encuentran en todo el disco y presentan un pico importante para $[\text{Fe}/\text{H}] \sim -0.7$. De estos resultados podemos concluir que la sola distancia al centro de la NMM no parece ser la variable principal que describa la distribución espacial de las metalicidades de los cúmulos.

El panel superior de la Fig. 3,a muestra que los cúmulos más pobres en metales son también los más viejos. También es notable un período de quietud en la formación de cúmulos entre 11 y 3 mil millones de años, justo antes de que se formara un número importante de cúmulos de edad intermedia ($1-3 \times 10^9$ años). La ampliación en la figura muestra que la formación de cúmulos continuó hasta el presente, preferentemente en el disco interior.

La Fig. 3,b muestra la relación edad-metalicidad resultante tanto para los cúmulos como para las estrellas de la barra y el disco de la NMM. Desde la formación de la galaxia hasta aproximadamente 1×10^9 años, la relación correspondiente a las estrellas del campo parecería resultar la envolvente superior de la relación de los cúmulos. Este resultado está de acuerdo con modelos teóricos que sugieren que la barra y los cúmulos de edad intermedia se formaron como resultado de un encuentro cercano entre las dos Nubes de Magallanes hace $\sim 4 \times 10^9$ años, el cual generó la formación de una gran cantidad de cúmulos en ambas galaxias (Bekki & Chiba, 2005). Recientemente, Bekki (2008) propuso que el sistema de las Nubes de Magallanes tiene o bien un halo común producido por un acople

dinámico que comenzó 4×10^9 años atrás, o bien por un remanente de un pequeño grupo de galaxias destruidas por la influencia de la Vía Láctea. Desafortunadamente, no disponemos de datos suficientes para favorecer tanto uno como otro escenario. Sin embargo, dado que la relación edad-metalicidad de los cúmulos abiertos en nuestra Galaxia no muestra un aumento en la formación de cúmulos alrededor de los 2×10^9 años -como ocurrió en las Nubes de Magallanes- tal vez ambas Nubes hayan más bien interactuado, como un sistema binario, y no como miembros aislados de un grupo de galaxias en el que estaría incluida la Vía Láctea.

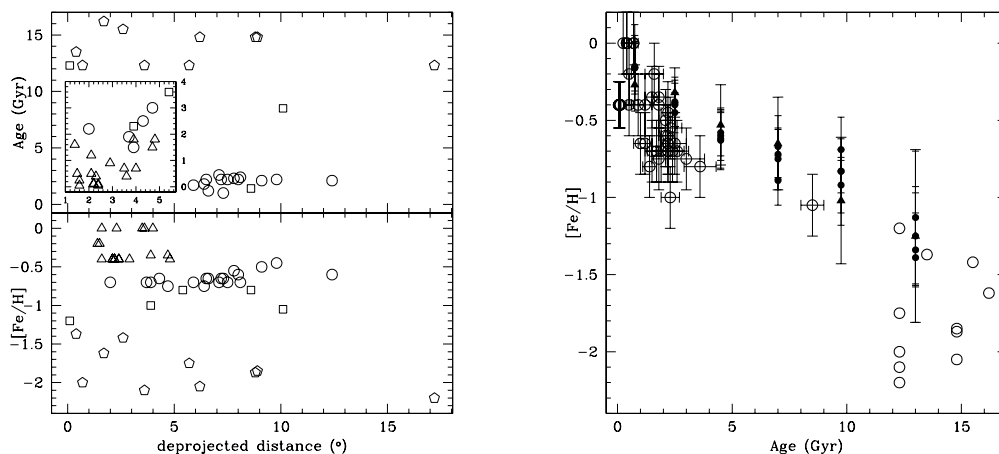


Figura 3. *a)* Relaciones entre las edades, metalicidades y distancias de-proyectadas de cúmulos en la NMM para $[\text{Fe}/\text{H}] < -1.20$ (pentágono); $-1.20 < [\text{Fe}/\text{H}] < -0.80$ (\square); $-0.80 < [\text{Fe}/\text{H}] < -0.4$ (\circ); $[\text{Fe}/\text{H}] > -0.4$ (\triangle). *b)* Relación edad-metalicidad para cúmulos en la NMM (círculos abiertos) y la derivada por Carrera et al. (2008) para estrellas de la barra (triángulos llenos) y del disco (círculos llenos).

Referencias

- Bekki K. 2008, ApJ, 684, L87
 Bekki K., Chiba M. 2005, MNRAS, 356, 680
 Burstein D., Heiles C. 1982, AJ, 87, 1165
 Carrera R., Gallart C., Hardy E., Aparicio A., Zinn R. 2008, AJ, 135, 836
 Geisler D., et al. 1997, AJ, 114, 1920
 Geisler D., Piatti A.E., Bica E., Clariá J.J. 2003, MNRAS, 341, 771
 Geisler D., Sarajedini A. 1999, AJ, 117, 308
 Girardi L. et al. 2002, A&A, 391, 195